

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1 9 9 9 年 1 月 1 9 日

出 願 番 号  
Application Number:

平成 1 1 年 特 許 願 第 0 1 0 1 7 2 号

出 願 人  
Applicant (s):

株式会社日立製作所

U.S. Appl. Filed 7-29-99  
Inventor: M. Kofuji et al  
For: Kofuji et al  
- 10-55-1-

1 9 9 9 年 6 月 2 1 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

伴 佐 山 建 志

出 証 番 号 出 証 特 平 1 1 - 3 0 4 3 7 7 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 H98028661A

【提出日】 平成11年 1月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/3065

【発明の名称】 ドライエッチング装置および半導体装置の製造方法

【請求項の数】 31

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

    【氏名】 小藤 直行

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

    【氏名】 森 政士

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

    【氏名】 横川 賢悦

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

    【氏名】 板橋 直志

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

    【氏名】 辻本 和典

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地

株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 田地 新一

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ドライエッチング装置および半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

処理室と、  
前記処理室内に設けられた、被加工物を設置するための試料台と、  
前記処理室内のガスを排気する排気手段と、  
前記処理室内にガスを導入する手段と、  
UHF 電源と、  
前記 UHF 電源と接続されたアンテナと、  
前記アンテナと前記処理室とを分離する分離板とを有することを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項 2】

前記分離板は誘電体であることを特徴とする請求項 1 記載のドライエッチング装置。

【請求項 3】

前記分離板は、前記アンテナ側を大気側とし、前記処理室側を真空側と分離するための分離板であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のドライエッチング装置。

【請求項 4】

前記ガスを導入する手段は、前記試料台と平行に配置されたシャワープレートとを有し、前記シャワープレートと前記試料台との距離は、100mm 未満であることを特徴とする請求項 1 記載のドライエッチング装置。

【請求項 5】

処理室と、  
前記処理室内に設置された、被エッチング物を設置する台と、  
前記処理室内にガスを導入する手段と、  
前記処理室内のガスを排気する手段と、  
前記処理室と、前記処理室内の圧力よりも高い圧力の第 2 の領域とに分離する

分離板と、

前記第 2 の領域に形成された、マイクロストリップアンテナと、

前記マイクロストリップアンテナに接続された U H F 電源と、

前記処理室の外周に設けられたコイルとを有することを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項 6】

前記 U H F 電源は、周波数 3 0 0 M H z 以上 1 G H z 以下の U H F 波を供給する電源であることを特徴とする請求項 5 記載のドライエッチング装置。

【請求項 7】

前記マイクロストリップアンテナは、円盤状であることを特徴とする請求項 5 記載のドライエッチング装置。

【請求項 8】

前記マイクロストリップアンテナは、T M 0 1 モードが共振できるように設定されていることを特徴とする請求項 5 記載のドライエッチング装置。

【請求項 9】

前記 U H F 電源からの電力を前記マイクロストリップアンテナに供給する給電部は、円錐形状にされていることを特徴とする請求項 5 記載のドライエッチング装置。

【請求項 1 0】

処理室と、

前記処理室内に設けられた、被加工物を設置するための試料台と、

前記処理室内のガスを排気する排気手段と、

前記処理室内にガスを導入する手段と、

前記処理室内に設けられた、誘電体の内筒と、

前記処理室内に設けられ、アース電位に設置され、前記誘電体の内筒との高さの重なり部分が 1 0 m m 以上である導体の内筒と、

U H F 電源と、

前記 U H F 電源と接続されたアンテナと、

前記アンテナと前記処理室とを分離する分離板とを有することを特徴とするド

ライエッチング装置。

【請求項 11】

処理室と、  
前記処理室内に設けられた、被加工物を設置するための試料台と、  
前記処理室内のガスを排気する排気手段と、  
前記処理室内にガスをシャワー状に導入するシャワープレートと、  
UHF 電源と、  
前記 UHF 電源と接続された導体板を有するアンテナと、  
前記導体板及び前記シャワープレートの外周部を覆うように設けられたコイルと、  
前記アンテナと前記処理室とを分離する分離板とを有することを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項 12】

前記コイルは、上端面が前記導体より高く、下端面が前記シャワープレートよりも低く設けられていることを特徴とする請求項 11 記載のドライエッチング装置。

【請求項 13】

処理室と、  
前記処理室内に設けられた、被加工物を設置するための試料台と、  
前記処理室内のガスを排気する排気手段と、  
前記処理室内にガスを導入する手段と、  
UHF 電源と、  
前記 UHF 電源と接続された円盤状のアンテナと、  
前記アンテナと前記処理室とを分離する分離板と、  
前記アンテナの上部に、前記アンテナの径よりも小さい径のコイルを有することを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項 14】

処理室と、  
前記処理室内に設けられた、被加工物を設置するための試料台と、

前記処理室内のガスを排気する排気手段と、  
 前記処理室内にガスを導入する手段と、  
 UHF電源と、  
 前記UHF電源と接続されたアンテナと、  
 前記アンテナと前記処理室とを分離する分離板と、  
 前記アンテナからみて凸型のECR面を形成する手段とを有することを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項 15】

前記凸型のECR面を形成する手段は、前記アンテナ上に設けられた、内径が255mm以下のソレノイドコイルであることを特徴とする請求項14記載のドライエッチング装置。

【請求項 16】

処理室と、  
 前記処理室内に設けられた、被加工物を設置するための試料台と、  
 前記処理室内のガスを排気する排気手段と、  
 前記処理室内にガスを導入する手段と、  
 UHF電源と、  
 前記UHF電源と接続されたアンテナと、  
 前記アンテナと前記処理室とを分離する分離板と、  
 前記アンテナの中心部から離れた位置の上部に設けられた、高さが30mm以上の空洞部とを有することを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項 17】

前記空洞部上には、さらに前記アンテナの径よりも小さな径のソレノイドコイルが設けられていることを特徴とする請求項16記載のドライエッチング装置。

【請求項 18】

処理室と、  
 前記処理室内に設けられた、被加工物を設置するための試料台と、  
 前記処理室内のガスを排気する排気手段と、  
 前記処理室内にガスを導入する手段と、

UHF 電源と、  
 前記 UHF 電源と接続されたアンテナと、  
 前記アンテナと前記処理室とを分離する分離板と、  
 前記アンテナの下部外周に設けられた、前記処理室の径よりも大きな内径のソ  
 レノイドコイルとを有することを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項 19】

処理室と、  
 前記処理室内に設けられた、被加工物を設置するための試料台と、  
 前記処理室内のガスを排気する排気手段と、  
 前記処理室内にガスを導入する、径が 150 mm 以下のシャワープレートと、  
 UHF 電源と、  
 前記 UHF 電源と接続されたアンテナと、  
 前記アンテナと前記処理室とを分離する分離板とを有することを特徴とするド  
 ライエッチング装置。

【請求項 20】

前記試料台と前記シャワープレートとの距離は、100 mm 以下であることを  
 特徴とする請求項 19 記載のドライエッチング装置。

【請求項 21】

基板上に、導電膜を形成する工程と、  
 前記基板を処理室内に設置する工程と、  
 前記処理室内で、UHF 電力を印加してプラズマを発生させ、処理室内 0.1  
 以上 0.5 Pa 以下の圧力で、 $0.6 \text{ mA/cm}^2$  以上  $1.0 \text{ mA/cm}^2$  以下の  
 イオン電流密度で、前記導電膜を、前記プラズマを利用してドライエッチングす  
 る工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 22】

前記処理室の外周にはコイルが設けられており、前記コイルに流れる電流が調  
 整されることを特徴とする請求項 21 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 23】

前記プラズマは、ECR 共鳴を利用して発生し、ECR 面が、前記基板の中心



軸上では前記処理室の外部に、外周部では前記処理室内部にあることを特徴とする請求項 2 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 4】

前記プラズマは、E C R 共鳴を利用して発生し、E C R 面が、前記基板の中心軸上では前記処理室の内部に、外周部では前記処理室の外部にあることを特徴とする請求項 2 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 5】

半導体基体上に導電膜を形成する工程と、  
処理室内で、下に凸の E C R 面を形成した状態で、プラズマにより前記導電膜をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2 6】

前記プラズマは、U H F 電力を投入することにより発生することを特徴とする請求項 2 5 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 7】

前記下に凸の E C R 面は、前記処理室の外周に設けられたソレノイドコイルに所定の電流を流すことにより形成されることを特徴とする請求項 2 5 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 8】

処理室と、前記処理室の外部に設けられたコイルと、前記処理室内のガスをプラズマ化するための電磁波を供給するためのアンテナと、前記アンテナと前記処理室とを分離する分離板と、前記アンテナの中心部から離れた位置の上部に設けられた、高さが 3 0 m m 以上の空洞部とを有するドライエッチング装置を用い、  
前記処理室内に上に凸型の E C R 面を形成しながら、半導体基体上に形成された導電膜をドライエッチングすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2 9】

処理室内に、導電膜が形成された半導体基体を設置する工程と、  
前記処理室内で、E C R 面が上に凸となる状態でプラズマを着火させる工程と、  
前記 E C R 面が下に凸となる状態で、前記導電膜を前記プラズマによりドライエッチング加工する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【請求項 30】

半導体基体上に導電膜を形成する工程と、  
処理室内で、イオン電流密度の面内分布を計算し、この計算結果に基づいて、前記処理室の外周に設けられたソレノイドコイルの電流を制御しながら、下に凸の ECR 面を形成した状態で、プラズマにより前記導電膜をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【請求項 31】

前記処理室内に設けられ、前記半導体基体を設置する試料台には、高周波バイアスが印加され、前記高周波バイアスのピーク to ピーク電圧をモニタすることによって、前記イオン電流密度の面内分布が求められることを特徴とする請求項 30 記載の半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置を製造する際のドライエッチング工程に用いられる有磁場プラズマ発生装置、およびこの有磁場プラズマ発生装置を用いた半導体装置の配線等のドライエッチング工程を含む半導体装置の製造方法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来、半導体装置の製造の際に用いられるプラズマ処理の工程に、有磁場プラズマ発生装置が用いられてきた。この有磁場プラズマ発生装置については、例えば特開平 8-337887 や特開平 9-321031 に記載されている。

## 【0003】

特開平 8-337887 は、図 2 に示すようにアースに接地された円盤状電極 1 と誘電体 2 および誘電体を介して対向する面に設置された高周波の印加された円盤状電極 3 よりなるマイクロストリップアンテナ（以下 MSA と略する）に、高周波としてマイクロ波を供給した際に MSA から放射される電磁波と、ソレノイドコイルによって形成される磁場との電子サイクロトロン共鳴（ECR）によって、真空処理室内に反応性ガスのプラズマを形成するものである。このプラズマを、

試料台上に保持された試料に照射することによって試料を加工する。反応性ガスは、試料に対向する面に設置された誘電体のシャワープレート構造から供給される。また、MSAは真空処理室の内部と外部を分ける誘電体の大気側に設置される構造になっている。

## 【0004】

特開平9-321031は、真空処理室内に設置したMSAにUHF波を供給することによってMSAから放射される電磁波と、ソレノイドコイルによって形成される磁場のECR共鳴によって、プラズマを形成するものである。

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

近年半導体の微細加工では、異方性エッチングのために0.5Pa以下の低圧力で処理が必須になっている。また、チャージアップによるゲート破壊防止のため、ゲート配線やゲート配線に電氣的につながったメタル配線をエッチングする場合、(1)ウエーハ上のイオン電流密度を低減することと(2)イオン電流密度の面内分布を均一にするものの二つが重要になっている。

## 【0006】

しかし、従来の有磁場プラズマ発生装置では、低圧力の条件で、低イオン電流密度で安定均一な放電をさせることが難しかった。前記の特開平8-337887は、マイクロ波を用いているため、波長が処理室に対して短く、処理室内では複数のモードのプラズマが存在可能である。そのため、低圧低イオン電流の条件では、プラズマが存在可能なモード間で頻繁に転位し、放電が安定しないことがわかった。また、前記の特開平9-321031は、MSAを真空処理室内部に設置しているため、近接場によるMSAの円盤状電極3の端部の強電界によって、アンテナ端部の付近で高密度のプラズマが生成され、低圧領域で均一なプラズマを生成できないことがわかった。

## 【0007】

また、イオン電流密度の面内分布が不均一になってしまうと、面内のエッチング速度が不均一になってしまい、ひいては歩留まりに影響してしまう。

## 【0008】

本発明の目的は、イオン電流密度やエッチング速度の面内分布が均一で、低圧の条件で、かつの低イオン電流密度で安定な均一な放電のできる有磁場プラズマ発生装置及びこの装置を用いた半導体装置の製造方法を提供することにある。

## 【0009】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的は、(1) 分離板を介した真空処理室外部に設置したアンテナ (MSA) に300MHz以上1GHz以下のUHF波を供給することによってMSAから放射される電磁波と、ソレノイドコイルによって形成される磁場のECR共鳴によって、プラズマを形成する方式を用いることで達成される。UHF波を用いているため、波長が処理室内径と同等となり、単一モードのプラズマしか存在できない。そのため、モード間転位によるプラズマの不安定がなくなる。また、真空処理室の内部と真空処理室内よりも圧力が高い大気側の外部を分ける誘電体 (分離板) の大気側にMSAを設置した構造にすることで、近接場による円盤状電極MSA端部の、強電界による高密度プラズマの生成が抑制され、低圧でも均一なプラズマが生成できる。なお、本明細書では、UHF帯とは、300MHz以上1GHz以下の周波数領域をいう。

## 【0010】

また、ガスを供給するシャワープレートと試料台との距離を100mm未満とすることで、密パターンと疎パターンのCDゲインの差が小さくなる効果がある。さらに、シャワープレート径をウェハー径の3/4以下とすることで、さらにCDゲインの差を小さくすることが可能となる。

## 【0011】

(2) また、UHF帯の周波数を用い、0.1Pa~0.5Paの低圧の条件で、かつ、 $0.6\text{mA}/\text{cm}^2 \sim 2\text{mA}/\text{cm}^2$ の低イオン電流密度でプラズマ処理を行うことで達成される。0.1Pa以上の圧力、かつイオン電流密度 $0.6\text{mA}/\text{cm}^2$ 以上とすることで、実用的なエッチング速度を維持することができる。一方、チャージアップ低減のため、イオン電流密度は $2\text{mA}/\text{cm}^2$ 以下とすることが、また異方性エッチングを達成するため、0.5Pa以下の圧力とすることが必要である。

## 【0012】

ここで、0.5Paの条件でMSAに印加する周波数を変化させた場合の放電特性を図5に示す。周波数が1GHz以上では、0.5Pa以下の低圧では、放電不安定の問題があるため、 $2\text{mA}/\text{cm}^2$ 以下の低密度領域が実現できない。また、周波数300MHz以下の周波数では、電磁波の放射効率が悪いため、近接場電界によるプラズマ発生の無い本構造では、プラズマ放電が維持できない。すなわち、0.5Paの低圧で $2\text{mA}/\text{cm}^2$ 以下の低イオン電流密度のプラズマを効率的に生成できるのは、300MHz以上1GHz以下の領域に限られることがわかる。

## 【0013】

(3) さらに、アンテナからみて凸型のECR面になるような磁場分布を形成して、プラズマ処理することによって達成される。特に、ECR面とシャワープレートとの交点がアンテナ径よりも内側になると効果的である。このようにすることで、ECR共鳴が中心部で生じ、中心部のプラズマ密度が増加し、均一な分布を形成できる。

## 【0014】

具体的には、アンテナの上方に小径コイルを設置する。この小径コイルの内径は、アンテナ径よりも小さくする。

## 【0015】

また、プラズマ放電を着火する際には、アンテナから見て凹型のECR面となるようにし、着火後凸型のECR面となるように制御すると良い。プラズマ放電の着火性は、凸型のECR面の場合には悪く、凹型のECR面の場合は良好だからである。特に、ECR面とシャワープレートとの交点がアンテナ径の外側になる場合、着火性が向上する。このようなECR面の凹凸面の制御は、試料台外周部の磁場コイルを制御することで行うことができる。

## 【0016】

(4) さらに、特にプラズマ密度が外高分布となっている場合、アンテナ裏面に高さが30mm以上の空洞部を設けることで、達成される。このようにすることで、電界の外周での集中を緩和し、プラズマ密度の外高分布を解消することができる。そして、イオン電流密度の面内分布が均一化され、エッチング速度の面

内均一化が図れるようになる。

【0017】

(5) また、エッチング中のプラズマ密度の変化をモニタリングし、プラズマ密度が増加した場合はアンテナから見て凸型のECRの曲率を増加させ、逆にプラズマ密度が減少した場合は、アンテナから見て凸型のECRの曲率を減少させるように、磁場コイルにフィードバックをかけることによっても達成される。特に、プラズマ密度が増加すると外周高プラズマ分布となり、プラズマ密度が減少すると中心高プラズマ分布となるからである。多層膜をエッチングする際は、被エッチング膜の種類に伴い、プラズマ中に放出される反応生成物に変化し、プラズマ密度が変化するため、特に多層膜をエッチングする際、このようにモニタリングすると効果的である。

【0018】

【発明の実施の形態】

(実施例1)

図1は本発明のドライエッチング装置の一例である。

【0019】

この装置では、MSA4から放射される電磁波と、ソレノイドコイル5, 6によって形成される磁場との電子サイクロトロン共鳴によって、真空処理室内に反応性ガスのプラズマが形成される。このプラズマを、試料台7上に保持された試料8に照射することによって試料8を加工する。反応性ガスは、試料に対向する面に設置されたシャワープレート9から供給することによって、均一な反応性ガスの供給が可能である。また、真空処理室の内部と外部を分ける誘電体10の大気側にMSA4が設置されることによって、近接場による円盤状電極3の端部での高密度プラズマの生成が抑制される。また、円盤状電極3の腐食による特性の変化や円盤状電極3の腐食反応生成物による試料の汚染も防止できる。本実施例では、誘電体10として厚み35mmの石英円盤を用いた。

【0020】

また、本装置では、円盤状電極3に印加する高周波としてUHF帯の高周波を用いることによって、低圧低密度のプラズマでも安定なプラズマを形成できる。

さらに、均一プラズマ形成に最適な軸対象のプラズマが形成できるよう次の二つの工夫がしてある。一点目はMSA4で図3のような軸対称のTM01モードが共振できるよう円盤状電極3に印加するUHF波の周波数、円盤状電極3の径、誘電体円盤2の材料および厚みを設定している。本実施例では、UHF波の周波数を450MHz、円盤状電極3の径を255mm、誘電体2として厚み20mmのアルミナを用いた。二点目は円盤状電極3に軸対象に高周波を給電できるよう、給電部11を円錐形状にし、円錐の頂点からアンテナに給電する構造になっている。また、本装置では、金属汚染対策として石英の内筒12を入れている。このような誘電体性の内筒12を入れる場合、内筒が少しでも偏心して、設置されると、プラズマが軸対象からずれる問題がある。この問題を解決するためには、アース電位に接地された導体円筒13を設け、かつ、図1中にアース折返し高さとして定義される内筒12と導体円筒13の重なり部分の長さを10mm以上にする事で、完全に防止できることがわかった。

#### 【0021】

本装置を用いて塩素ガスプラズマの放電特性を評価した結果を図4に示す。また、比較のために従来の有磁場マイクロ波プラズマ発生装置の放電特性も図4に示す。図4に示したとおり、従来の有磁場マイクロ波プラズマでは、圧力が低いほど、またイオン電流密度が低いほど、放電が不安定となってしまった。しかし、本発明のように、UHF帯の周波数を、MSAに印加することで、従来の有磁場マイクロ波プラズマ発生装置では実現できなかった低圧低イオン電流の領域でも、安定で均一な放電ができるようになった。

#### 【0022】

なお、実施例1のアンテナ構造では、図6に示すように中心の電界強度が強いため、磁場がないか、もしくは、磁場が非常に弱い場合、中心でのプラズマ密度が高くなる。したがって、さらに高均一のプラズマを得るためには、外周のプラズマ密度を増大させるか、もしくは、中心のプラズマ密度を低下させる必要がある。外周のプラズマ密度を増加させるECR磁場の調整方法を実施例2で、中心のプラズマ密度を低下させる方法を実施例3でそれぞれ説明する。

【0023】

(実施例2)

本実施例は、上述のように、外周のプラズマ密度を増加させるECR磁場の形成方法について述べる。

【0024】

図7は実施例1のアンテナ構造の場合の電界の向きを示している。本構造では外周部で横向き、中心部で縦向きの電界が生じる。このため、図8のように、電子サイクロトロン共鳴の生じるレベル大きさの縦向きの磁場がある場合、電界と磁場が直交する外周で強い共鳴が生じるため、外周のプラズマ密度を増加させることができる。このような、磁場を作るためには、図8のソレノイドコイル6のように、上端面が円盤状導体3より高く、下端面がシャワープレート下端より低く、アンテナからシャワープレートの外周を覆うようなソレノイドコイルを搭載する必要がある。このソレノイドコイル6の電流の大きさを調節し、縦向きの磁場の大きさを、増減させることによって、イオン電流密度の分布を調整できる。

【0025】

例えば条件1のように磁場強度が弱く電子サイクロトロン共鳴を起こす領域（以下ECR面と略す）が真空処理室外部にある場合は、図9のように中心高のイオン電流密度分布に、また、条件3のように磁場強度が強くECR面が真空処理室内部に完全に入る場合には、外周高分布になる。特に磁場強度が外周で強く、外周のみにECR面がある場合（条件2）、図9のように高均一性のプラズマが実現できる。

【0026】

(実施例3)

本実施例では、前述したとおり、中心のプラズマ密度を低下させる方法を説明する。

【0027】

図10のような発散磁場を用いた場合、プラズマが磁場に沿って外周方向に拡散していくため、中心のプラズマ密度を低減できる。このような発散磁場を作るには、内径の小さいソレノイドコイル14をMSA4の上部に設置することによ



て実現できることがわかった。

【0028】

図11にソレノイドコイル14の内径と均一性の関係を示す。ソレノイドコイルの内径がアンテナ径より大きい場合、コイル電流を大きくしてもイオン電流密度のウェーハ面内分布は中高を示す正の値をとる。内径がアンテナ径255mmより小さくなるになるところから、コイル電流に依存して均一性が変化するようになり、電流を増やすにしたがって、中高分布を示す正の均一性から、ウェーハ面内分布が均一であることを示す均一性0%、さらに外高分布を示す負の均一性にまで調整できるようになることがわかる。このことから、均一なプラズマを作るためには内径がアンテナ径より小さいソレノイドコイル14を設置することが適していることがわかった。

【0029】

(実施例4)

本実施例では、ECR面の凸型形状とイオン電流密度の関係について示す。

【0030】

実施例2および3のソレノイドコイルを用いて、イオン電流密度の面内分布の均一化を図った。二つのソレノイドコイルの電流を調整し、図12に示すようにECR面がフラットな磁場(条件1)、下に凸になるように調整した磁場(条件2)、さらに曲率を大きくし、外周部のECR面が真空処理室の外にでる磁場(条件3)の場合のイオン電流密度の面内分布を図13に示す。ECR面の曲率が大きい条件においても、外周部のECR面が真空処理室の外にでない場合は、外周高の分布しか得られない。ECR面の外周部が真空処理室外部にでる条件でのみ、均一から中高の分布がえられることがわかった。

【0031】

次に、ECR面を上凸にして、イオン電流密度の面内分布を測定した。この装置構成においても実施例2の場合と同様ECR面の中心部が真空処理室の外にでる条件でのみイオン電流密度の面内分布が均一になることが確認された。

【0032】

(実施例5)

本実施例では、外高のイオン電流密度分布を低下させて、面内均一性を高める方法を示す。

## 【0033】

実施例2の条件3の上凸型磁場でも、イオン電流密度を均一にできる方法として、次の方法がある。図14のように円盤状電極1にリング上の空洞部15を設けることで、円盤状電極3の外周の電界強度を低減し、外周のイオン電流密度を低下させる方法である。この時の試料8上のイオン電流密度の面内分布を図15に示す。空洞の大きさが30mm以上にすることで、外周のプラズマ密度が低下し、外高分布が緩和されるがわかった。また、この時、プラズマ密度自身も増大することがわかった。

## 【0034】

## (実施例6)

本実施例では、プラズマ放電の着火とプラズマ処理のECR面との関係について示す。

## 【0035】

実施例3の下凸ECR磁場を用いた場合、プラズマの着火性が悪い問題がある。この問題を解決するため、ECR面が上に凸になるような磁場分布、即ちアンテナから見て凹型のECR面となるような状態でプラズマを着火させ、その後、イオン電流密度の面内分布が均一になるように磁場分布を調整する方法を検討した。

## 【0036】

ECR面上凸の曲率を大きくするためには、図16のソレノイドコイル16のようにアンテナ面より下に、処理室径より大きな内径のソレノイドコイルを設け、これに高電流を流すことによって達成される。このようなコイルを用いて、上に凸のECR磁場を作り、1200WのUHF電力を1秒間投入してプラズマを着火させ、その後、下凸ECR磁場即ちアンテナから見て凸型のECR面となるような磁場分布に切替えて均一なプラズマを生成した。これにより、良好な着火性と安定な均一放電が持続されることが確認された。

## 【0037】

なお、実施例2～6の磁場制御によるプラズマの均一化およびプラズマ着火性

の改善についてはゲート・メタルなどの配線材料のエッチングだけでなく、酸化膜、低誘電率膜などの絶縁膜材料のエッチングにおいても効果がある。

## 【0038】

## (実施例7)

実施例3の装置において測定したイオン電流密度および下凸ECR磁場の曲率とイオン電流密度の面内分布の均一性との関係を図17に示す。下凸ECR磁場の曲率が同じ条件で、UHF電力高くしてイオン電流密度を増やした場合、イオン電流密度面内分布の均一性が中高を表わす正から外周高を表わす負に変化することがわかる。

## 【0039】

このことから、多層膜構造の試料のエッチングを想定すると、エッチング中に被エッチング材料が変化するため、プラズマ中に放出されるエッチング反応生成物の種類が変わることによって、イオン電流密度が変化し、イオン電流密度の面内均一性が低下することが予想される。したがって、多層構造の試料のエッチング中でも、均一なイオン電流密度の面内分布を維持するためには、イオン電流密度の変化に伴って、下凸ECR磁場の曲率を変える必要がある。

## 【0040】

これに対応するため、図18のように、試料に印加するバイアスのパワーとピークtoピーク電圧（バイアス電圧の最小値と最大値の差）の関係からイオン電流密度を計算し、その結果を用いて下凸ECR磁場の曲率の最適値を計算し、ソレノイドコイル電流にフィードバックするシステムを開発した。本システムを用いて、エッチングすることによって多層構造の試料のエッチング中でも、イオン電流密度面内分布を均一に保つことができる。

## 【0041】

## (実施例8)

本実施例では、多層配線のエッチングを行った例を示す。実施例7の装置を用いて多層構造のメタル配線のエッチングを行なった。被エッチング試料としては、図19に示すように、ゲート配線上にCVDで堆積させた酸化シリコン15上に、窒化チタン(TiN)18、アルミニウム・銅・シリコン混晶(Al-Cu

-Si) 19、窒化チタン (TiN) 20の順で堆積させ、その上にレジストマスク 21を形成させた構造のものを用いた。この試料を、 $\text{Cl}_2$ と $\text{BCl}_3$ 、 $\text{CH}_4$  4 %Ar希釈ガス (以下NRと略す) の混合ガスのプラズマを用いて0.5Paの低圧で、 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ の低イオン電流密度の得られるUHF電力800Wの条件で、試料には40Wの800KHzのRFバイアスを印加してエッチングした。エッチング後、 $\text{CF}_4$ と $\text{O}_2$ の混合ガスプラズマでレジストをアッシング除去し、NMD-3でウェット処理した後の形状を図20に示す。

## 【0042】

図20に示した疎パターンのCDゲインと試料-シャワープレート間の距離の関係を測定した。その結果を図21に示す。なお、CDゲインとは、図20に示した通り、エッチングパターン寸法太り量 (細り量) をいう。

## 【0043】

シャワープレートと試料台の間の距離が100mm以上となる従来装置のエッチング条件では、周辺のパターンに比べ、中心のパターンのCDゲインが大きくなる問題があったが、シャワープレートと試料台の間の距離を100mm未満にすることで、中心パターンのCDゲインが低減され、周辺パターンと中心パターンのCDゲインの差が少なくなることがわかる。また、この効果には図1中に示したのシャワープレート径も重要な要因であり、シャワープレート径170mmでは、効果がなく、シャワープレート径がウェハ径の3/4になるシャワープレート径150mm以下でCDゲイン低減の効果が現れることがわかった。シャワープレート径100mmでは試料-シャワープレート間の距離を60mmにまで短くすることによって、CDゲインの面内差のない加工が行なえることがわかった。

## 【0044】

シャワープレート径100mm、試料-シャワープレート間の距離60mmの条件でエッチングした試料のゲートの破壊を測定した結果を図22に示す。ゲート破壊を受けたICチップを示す黒い部分が全く見られない。すなわち、 $1\text{mA}/\text{cm}^2$ 以下の低イオン電流密度にすることによって、異方性加工の可能な0.5Pa以下の低圧でもゲート破壊のないエッチングを実現できることがわかった。

## 【0045】

ここでは、メタルのエッチングについて述べたが、本実施例の試料-シャワー

プレート間距離の効果や、低圧低イオン電流におけるエッチングの効果は、ゲートのエッチングでも同様である。

#### 【0046】

なお、上記の密パターンとは、例えばDRAMではメモリマツト部の配線パターンをいい、疎パターンとは、周辺回路部の配線パターンをいう。

#### 【0047】

##### (実施例9)

図23はCMOSゲート加工工程の流れを示す図である。まず、CVD法によってシリコン酸化膜上にi-Polyを堆積させる。このi-Poly上にフォトレジストを塗布してリソグラフィー技術によってパターニングを行いレジストパターンを形成する。このレジストパターンをマスクにして $P^+$ のイオン注入を行なった後、レジストを剥離してアニールを行うことによって、隣り合うi-Poly層  $n^+$ Poly-Si層を形成する。このi-Poly/ $n^+$ Poly-Si層上にCVDによって $Si_3N_4$ を堆積させる。次にフォトレジストを塗布してリソグラフィー技術によってパターニングを行いレジストパターンを形成する。このレジストパターンをマスクにして $Si_3N_4$ 層を $CHF_3/O_2$ /Ar混合ガスプラズマによって異方性エッチングする。さらにレジストをアッシング除去して $Si_3N_4$ マスクを形成する。このサンプルのi-Poly/ $n^+$ Poly-Si層を $Si_3N_4$ をマスクとして、実施例2の装置を用いて、異方性エッチングを行った。異方性エッチングは、 $Cl_2$ 、 $O_2$ 、HBrの混合ガスを用いて0.1~0.2Paの低圧、 $1mA/cm^2$ の低イオン電流密度の得られるUHF電力800Wで、試料に800KHz・40WのRFバイアスを印加して行った。本装置でエッチングすることによって、i-Polyパターンと $n^+$ Poly-Siパターンで形状差のないエッチングが行えた。次に残った $Si_3N_4$ /Poly-Siパターンをマスクにリンのドーピング工程を行いCMOSゲートを形成させた。

#### 【0048】

##### 【発明の効果】

本発明の構成とすることにより、異方性加工の可能な0.5Pa以下の低圧でも $1mA/cm^2$ 以下の均一かつ低イオン電流密度のプラズマが実現できるため、ゲート破壊のない均一なエッチングが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明のドライエッチング装置の一例。

【図 2】

マイクロストリップアンテナ (MSA) 構造。

【図 3】

TM01モードMSAの円盤状電極 3 上の電界。

【図 4】

図 1 の装置の放電安定性のマップ。

【図 5】

イオン電流密度のUHF周波数依存性。

【図 6】

図 1 の装置中の放射電界強度の分布。

【図 7】

図 1 の装置中の放射電界の向き。

【図 8】

図 1 の装置中の磁力線およびECR面の例。

【図 9】

磁場によるイオン電流密度面内分布の変化。

【図 1 0】

ソレノイドコイル 1 4 を備えた装置中の発散磁場の場合の磁力線の例。

【図 1 1】

ソレノイドコイルの内径とイオン電流密度面内分布の均一性の関係。

【図 1 2】

図 1 0 の装置中のECR面の例。

【図 1 3】

磁場によるイオン電流密度の面内分布の変化。

【図 1 4】

アース導体に空洞部を設けたドライエッチング装置の例。

【図 15】

図 14 の装置のイオン電流密度の面内分布。

【図 16】

ソレノイドコイル 16 を備えた装置の例。

【図 17】

下凸磁場の曲率とイオン電流密度の面内分布の均一性の関係。

【図 18】

多層膜エッチング中のイオン電流面内分布を均一に保つためのフードバック回路の例。

【図 19】

メタル配線の被エッチング試料の断面構造。

【図 20】

エッチング、レジストアッシング除去、および、ウェット処理後のメタル配線の断面構造。

【図 21】

試料—シャワープレート間距離と疎パターンCDゲインの関係。

【図 22】

本発明の装置でエッチングしたメタル配線試料におけるゲート破壊の状況。

【図 23】

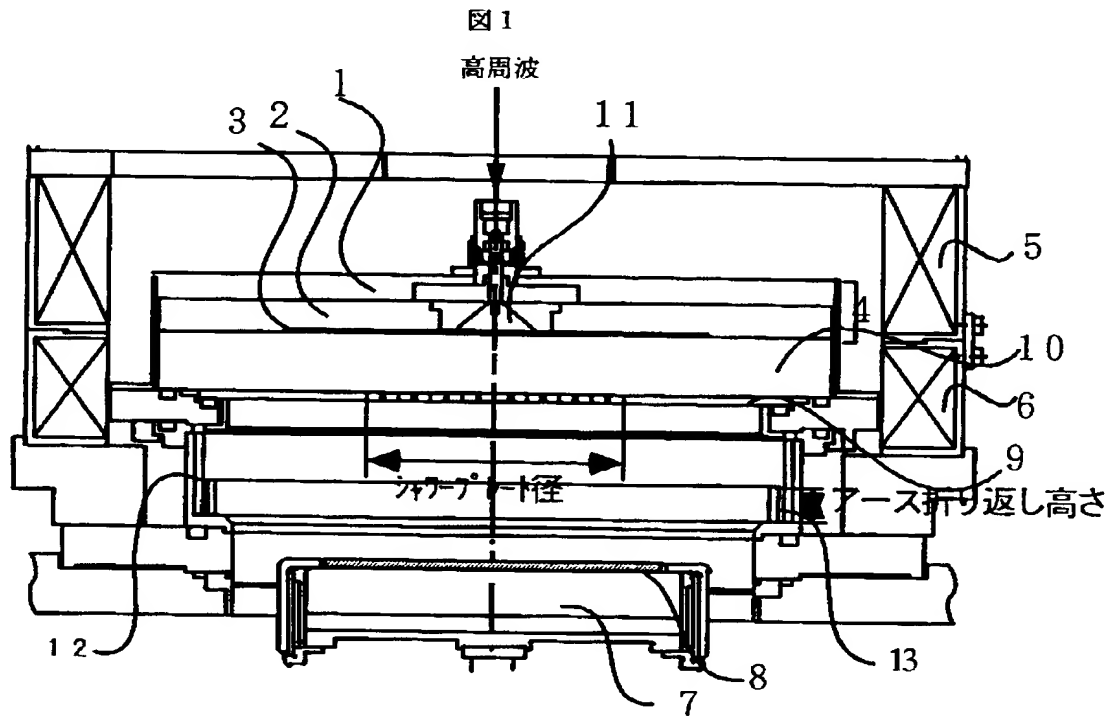
CMOSゲート加工工程の流れ。

【符号の説明】

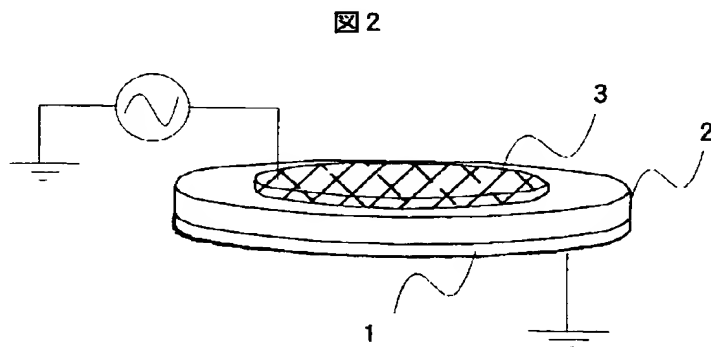
1…円盤状電極、2…誘電体、3…円盤状電極、4…MSA、5、6…ソレノイドコイル、7…試料台、8…試料、9…シャワープレート、10…誘電体、11…円錐状給電部、12…石英内筒、13…導体円筒、14…ソレノイドコイル、15…空洞部、16…ソレノイドコイル、17…酸化シリコン、18…窒化チタン、19…アルミニウム・銅・シリコンの混晶、20…窒化チタン、21…レジストマスク。

【書類名】 図面

【図 1】

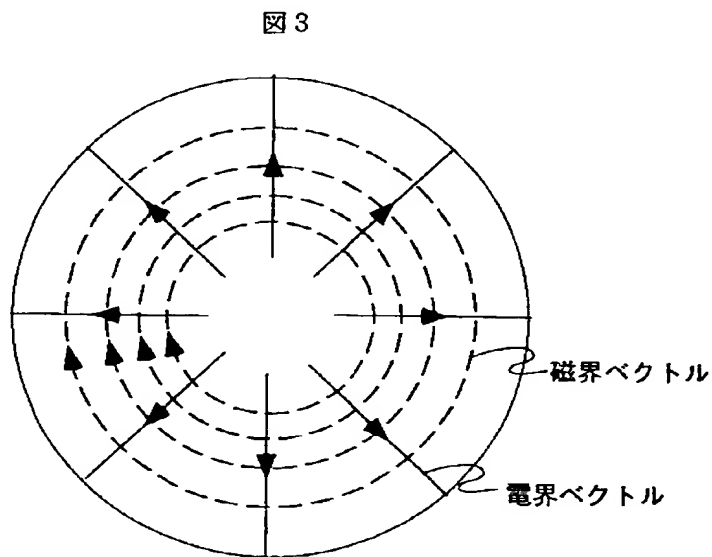


【図 2】

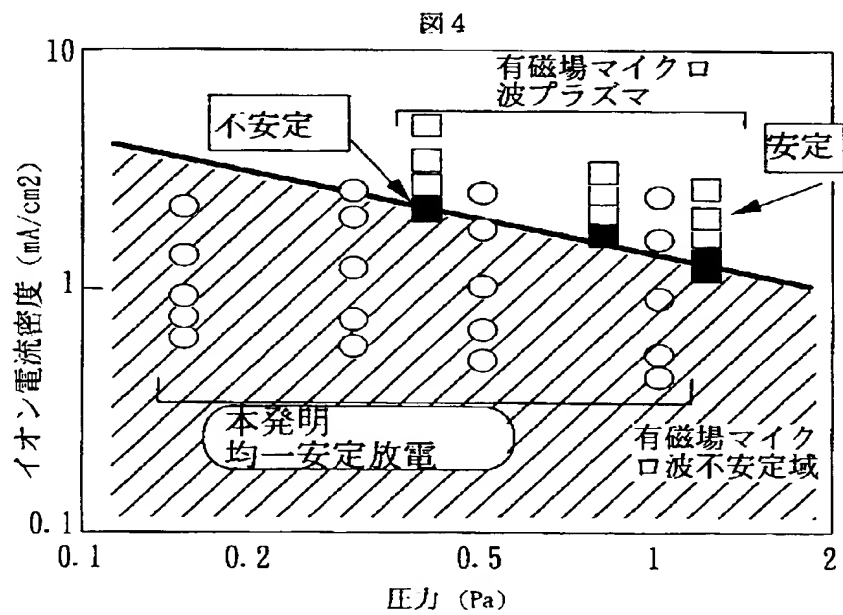




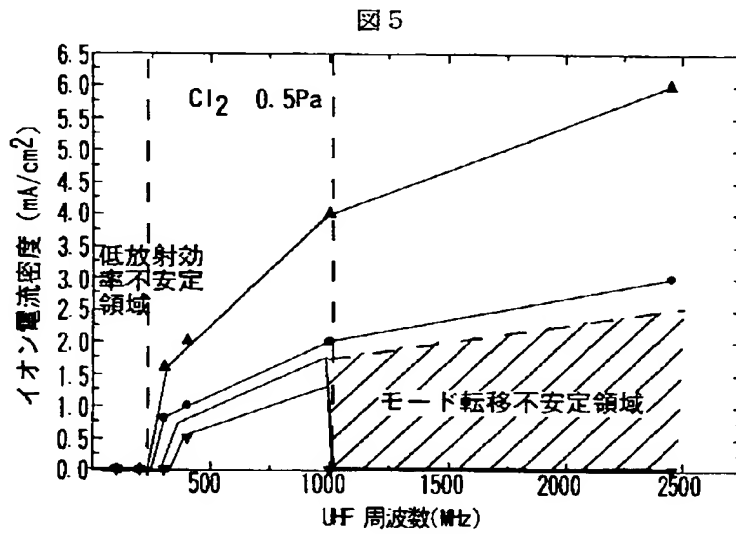
【図 3】



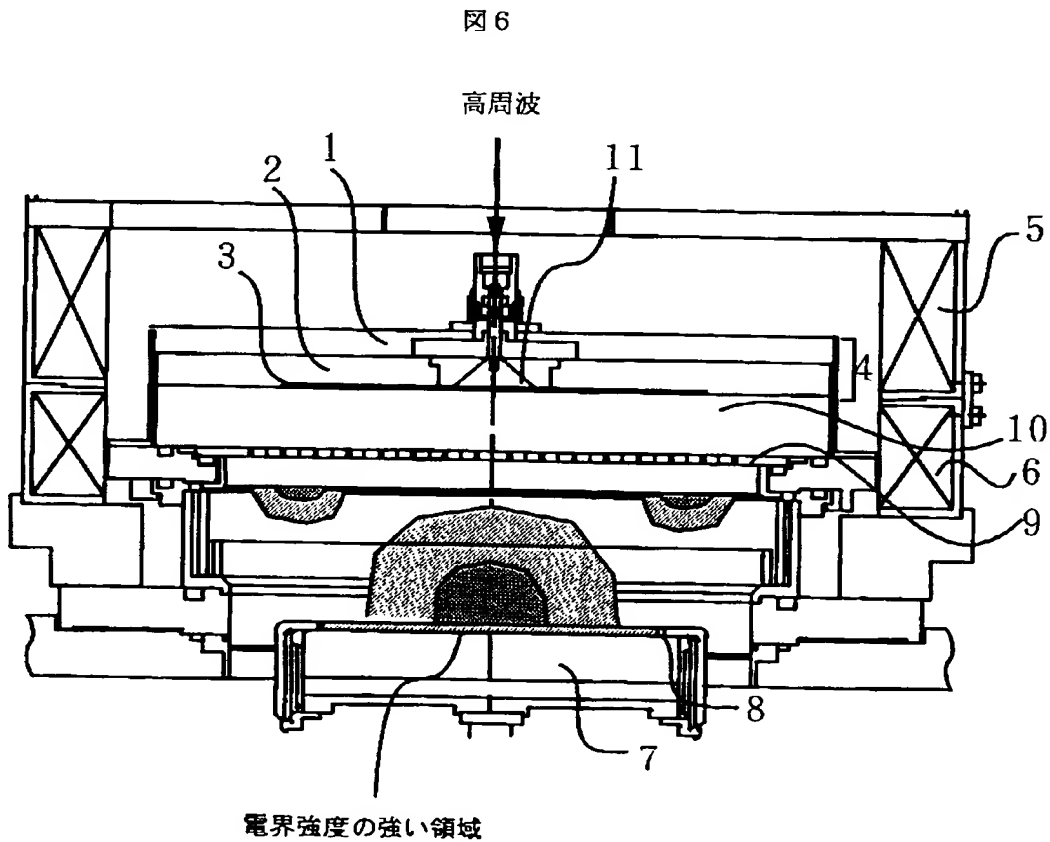
【図 4】



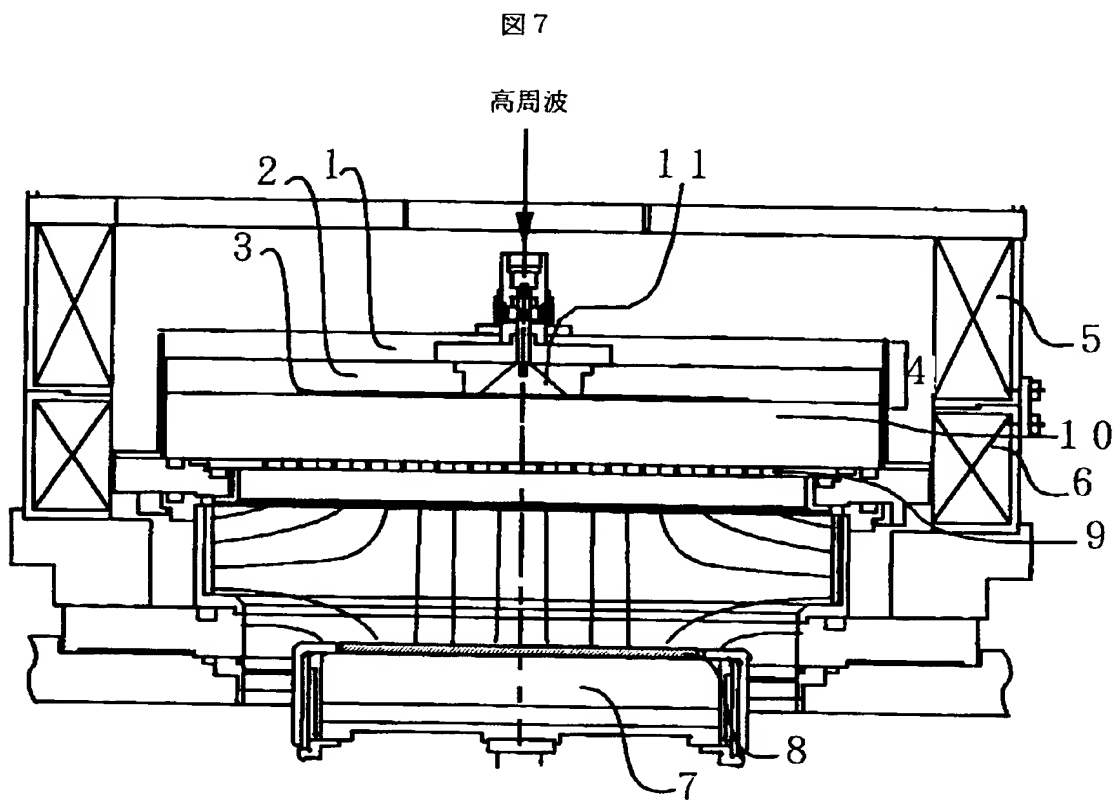
【図 5】



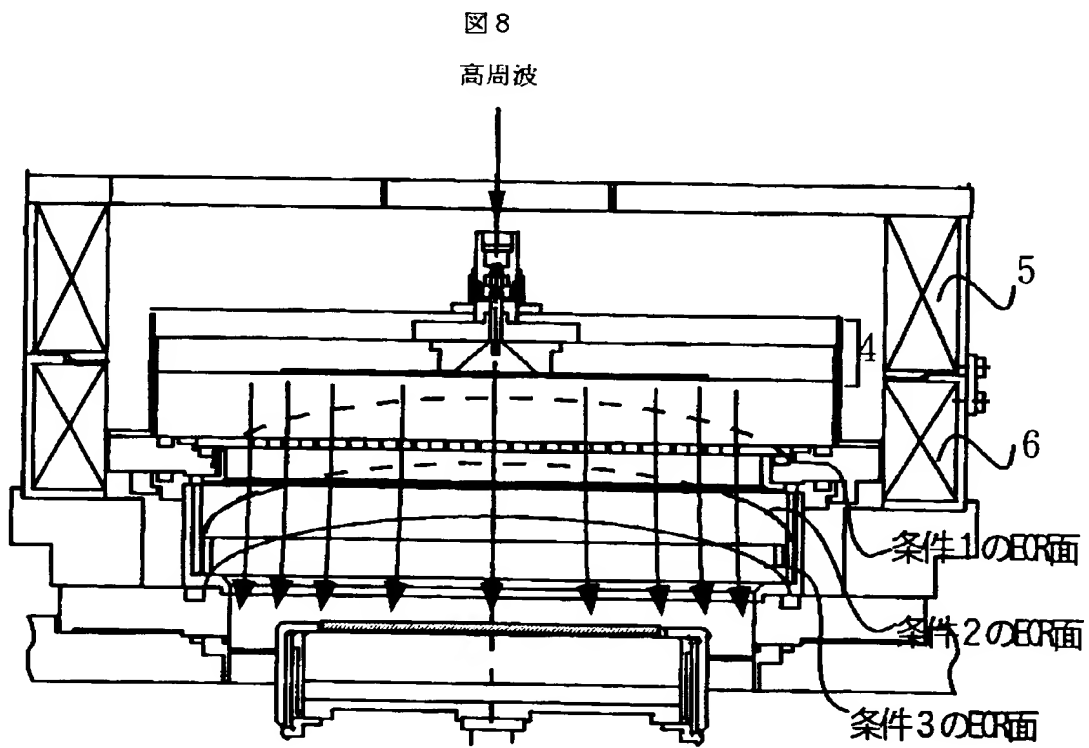
【図 6】



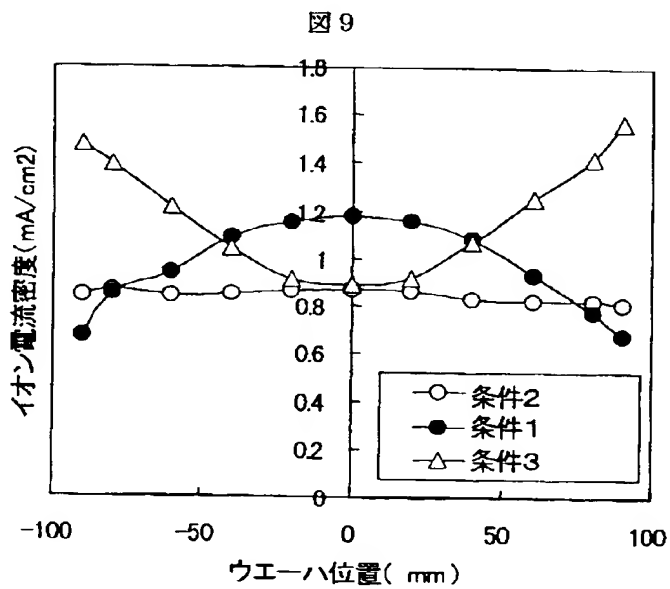
【図 7】



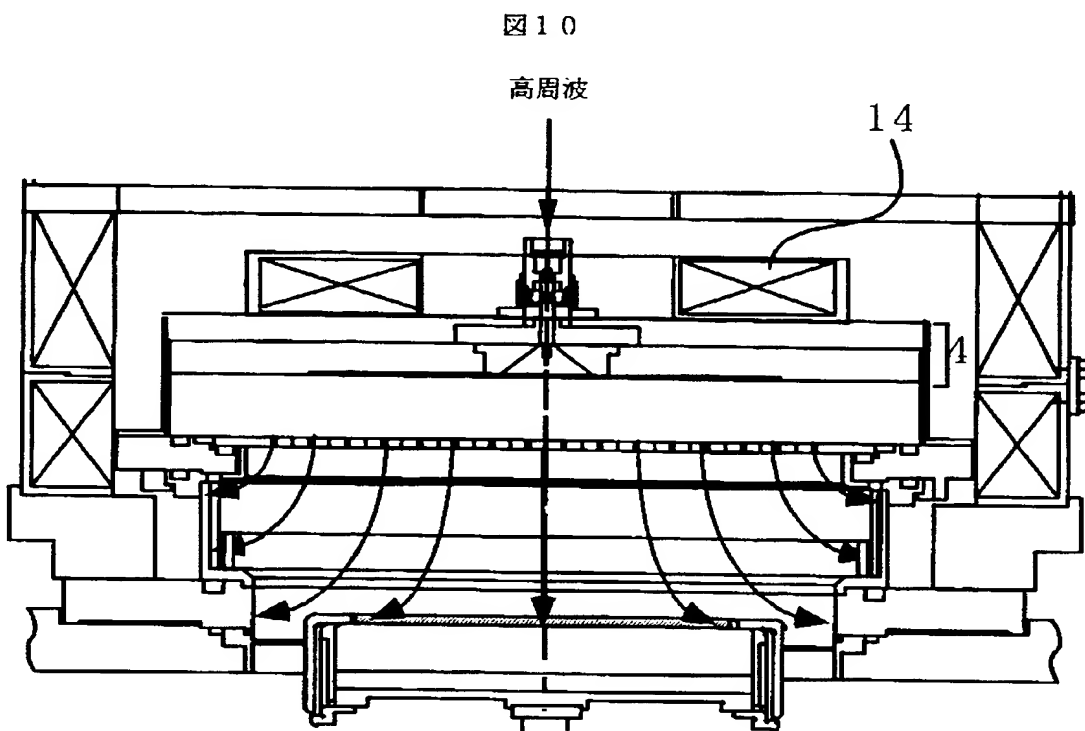
【図 8】



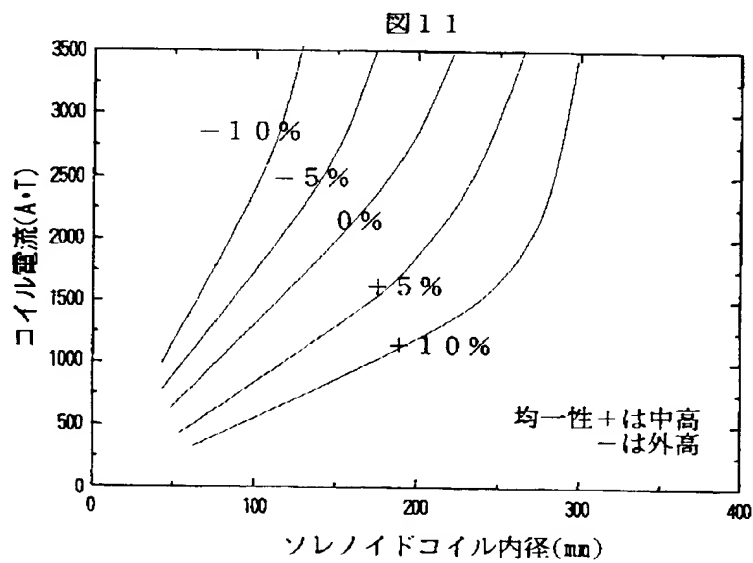
【図 9】



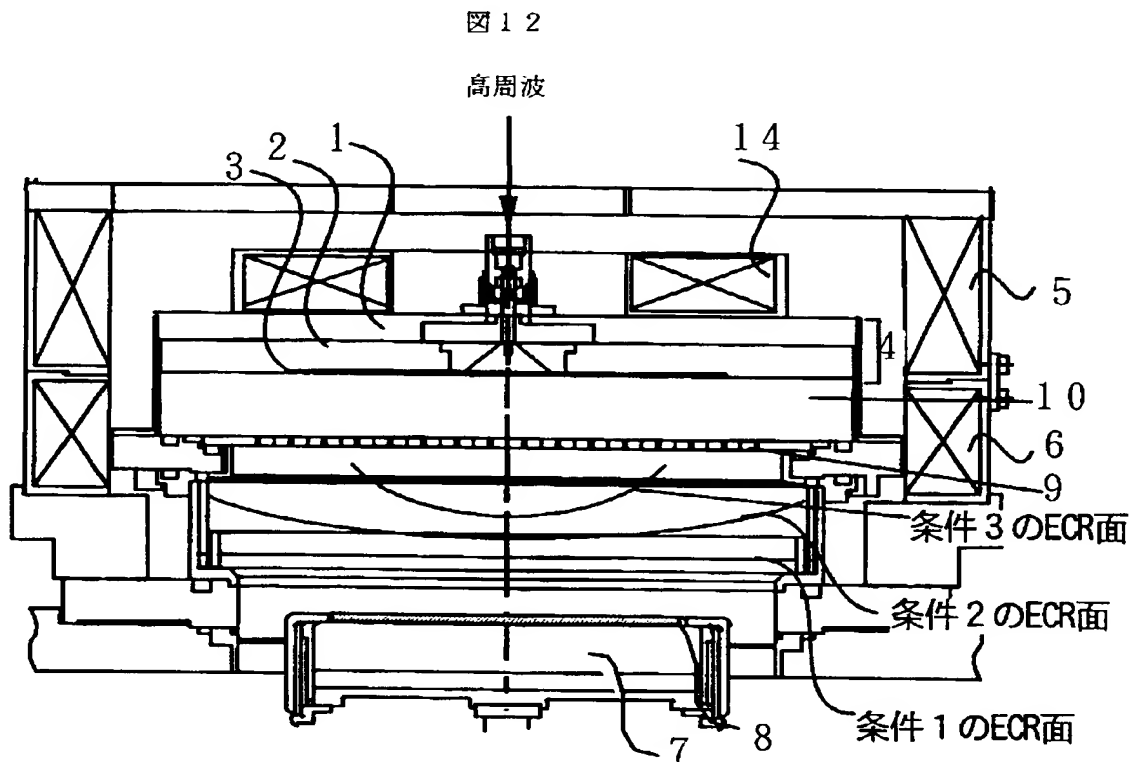
【図 10】



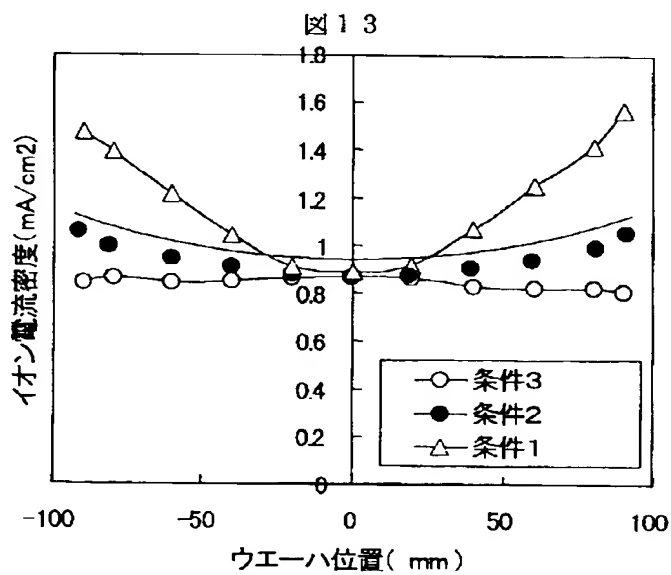
【図 11】



【図 12】

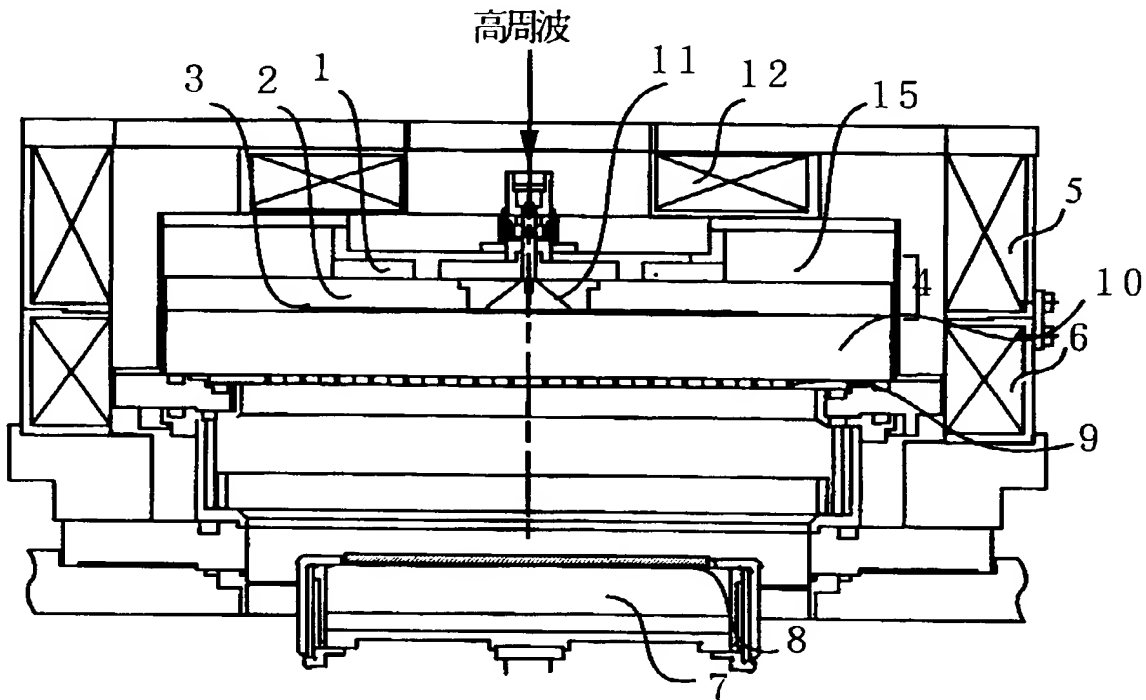


【図 13】



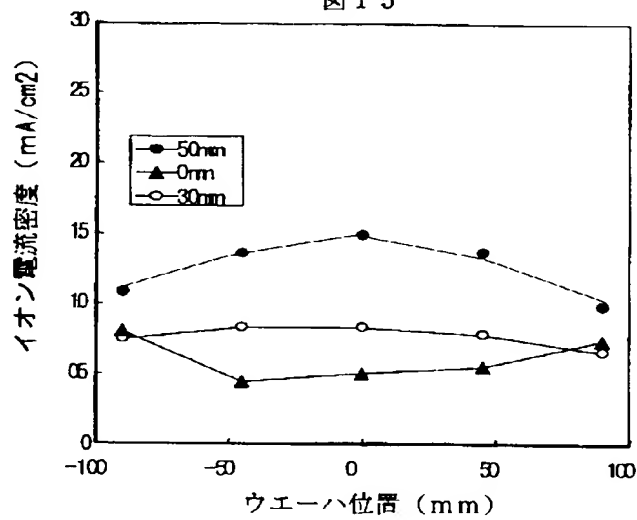
【図 14】

図 14

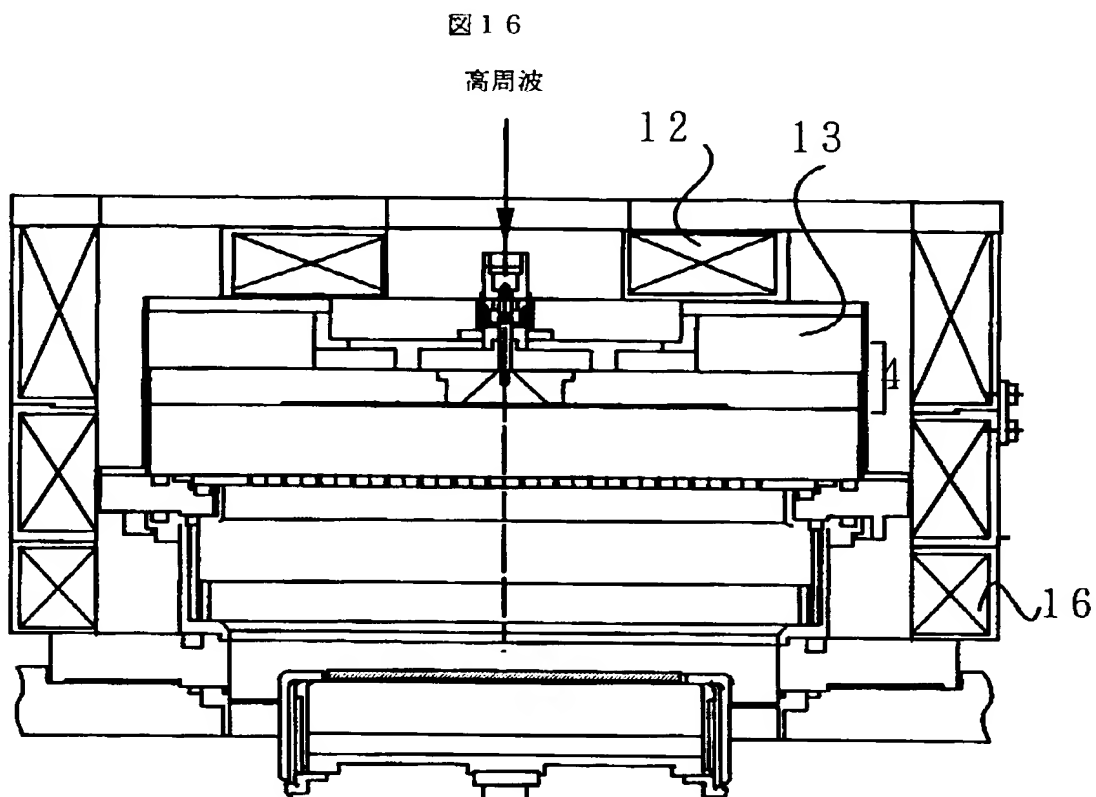


【図 15】

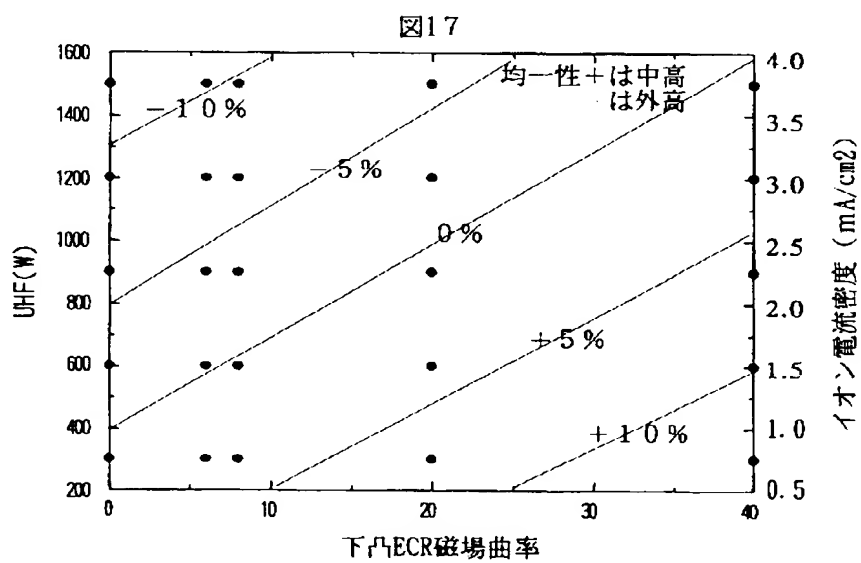
図 15



【図 16】



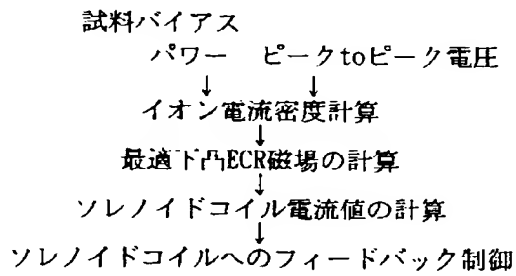
【図 17】





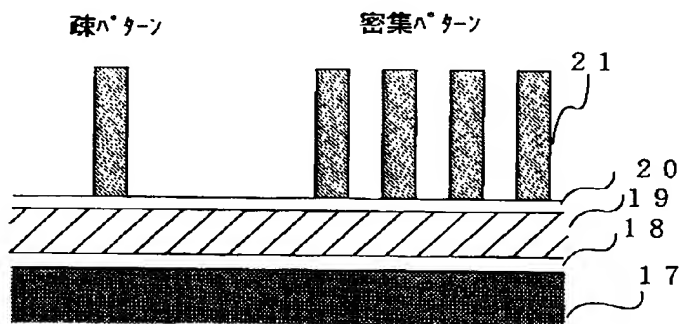
【図 18】

図18



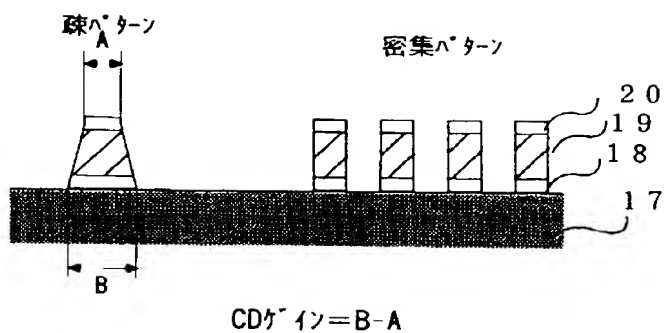
【図 19】

図 19

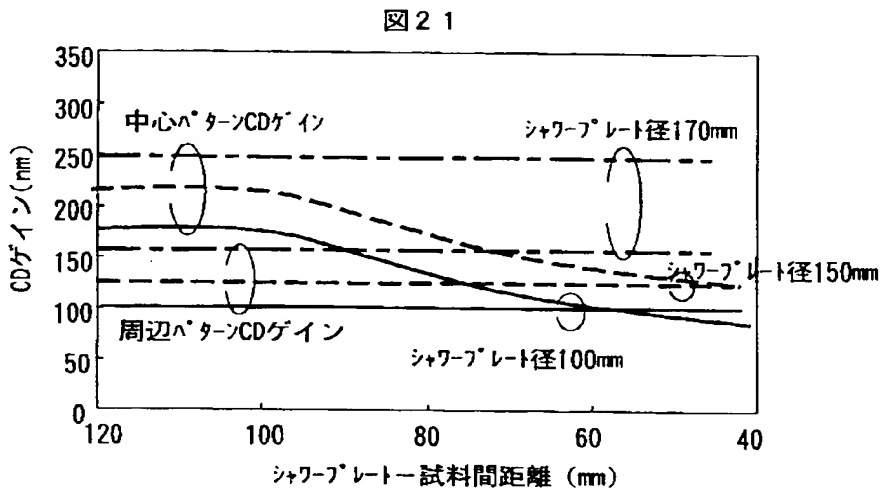


【図 20】

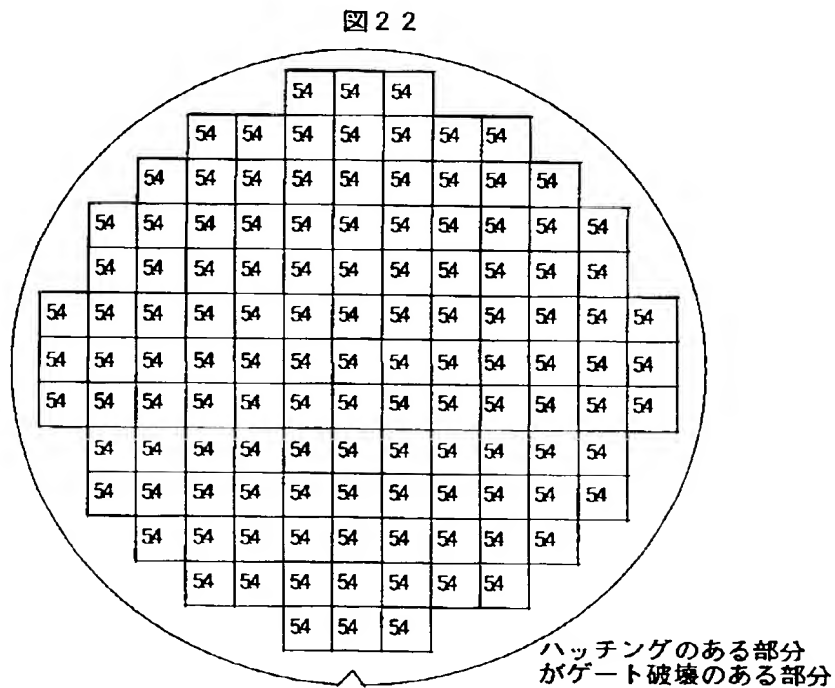
図 20



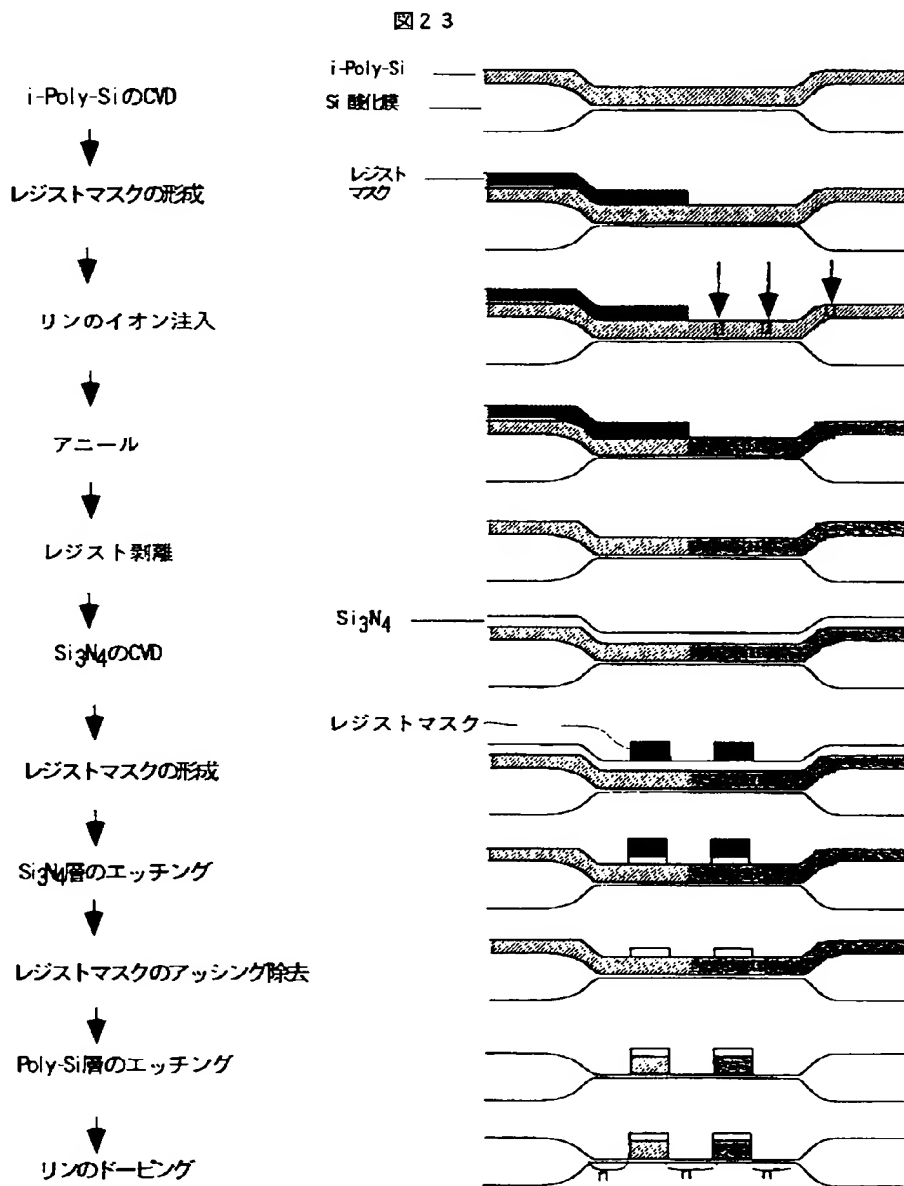
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ドライエッチングにおいて高異方性、低ゲート破壊率の加工を達成する。

【解決手段】 真空の内外を分離する誘電体 2 の大気側の面に設置されたマイクロストリップライン 4 に UHF 電力を供給することによって発生した電磁波と磁場の ECR 共鳴によってプラズマを生成し、このプラズマにより導電膜のドライエッチングを行う。

【効果】 安定で均一なプラズマを作ることができる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名	株式会社日立製作所